

Niklas Saarela

# **Metsämökin rakennusfysikaalisesti toimivat rakenneratkaisut**

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Niklas Saarela

Työn nimi: Metsämökin rakennusfysikaalisesti toimivat rakenneratkaisut

Ohjaaja: Veli Autio

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää parhain mahdollinen eristevaihtoehto kylmillään olevaan mökkiin, jota lämmitetään muutamana päivänä vuodessa. Lisäksi etsittiin vastausta höyrynsulun käyttöön. Tässä työssä keskitytään puurunkoisen mökin eristysvaihtoehtoihin ja pyritään löytämään rakennusfysikaalisesti hirsirakenteen vertainen ratkaisu.

Idea tähän työhön syntyi tarpeesta saada metsään toimiva yösija, joka kestää lämpötilan muutokset eikä tarvitse ylläpitolämpöä. Tavoitteena on lähes huoltovapaa rakennus, kustannustehokkaasti omalla työvoimalla rakentaen ja mahdollisimman nopealla aikataululla. Rakenteen tulee olla toteutettavissa elementtirakenteena.

Avainsanat: eriste, mökki, rakennusfysikaalinen, talvi, hirsi, puurunkoinen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author: Niklas Saarela

Title of thesis: Plans for a Physically Optimized Hunting Cabin

Supervisor: Veli Autio

Year: 2018

Number of pages: 37

---

The goal of this thesis was to find the optimal solution for a cold standalone hunting cabin that is occupied only a few days in a year and to determine the need of moisture barrier for this application. The idea for the thesis rose from practical needs for an overnight shelter in varying temperatures.

Additionally, the goal was to find a solution with optimal moisture barrier properties for a cold structure application. To make the building as cost-effective as possible it was self-made in a tight schedule with minimal cost of materials. Additionally, the building had to be constructed of prefabricated units. In the practical part of the thesis four insulating materials were studied in laboratory conditions.

Keywords: temperature, element, cabin, standalone

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 RAKENNUSDIREKTIIVI.....	8
2.1 E-luku.....	8
2.2 Seuraamusluokat .....	9
2.3 Toteutusluokat.....	9
2.3.1 Teräs- ja betonirakenteet .....	9
2.3.2 Puurakenteet.....	10
2.4 U-arvo .....	10
3 ERISTEET .....	12
3.1 Orgaaniset .....	12
3.1.1 Puukuituvilla eli selluvilla.....	12
3.1.2 Sahanpuru .....	13
3.1.3 Sammal ja turve .....	14
3.1.4 Olki.....	15
3.1.5 Pellava .....	15
3.2 Polyuretaani- ja mineraalieristeet.....	15
3.2.1 Mineraalivilla .....	15
3.2.2 Polyuretaani ja polystyreeni .....	16
4 KONVEKTIO JA DIFFUUSIO .....	17
4.1 Diffuusio .....	17
4.2 Konvektio .....	18
5 HÖYRYNSULKU.....	20
5.1 Ilmansulkupaperi.....	20
5.2 Höyrynsulkumuovi.....	20

5.3 Älykäs höyrinsulku .....	21
6 HENGITTÄVÄ RAKENNE .....	22
7 LABORATORIO TULOKSET .....	24
7.1 Villojen esittely .....	24
7.1.1 KnaufEcoBatt .....	24
7.1.2 Ekovillalevy .....	25
7.1.3 HuntonNativo .....	26
7.1.4 ParoceXtra pehmeä kivivillaeriste .....	26
7.2 Suoritetut kokeet .....	27
7.3 Tulokset .....	27
8 KOHDE, JOHON TULOKSIA TARVITTIIN .....	28
8.1 Rakenne .....	28
8.2 Ala- ja yläpohja .....	30
8.3 Kuvia mökistä .....	32
9 Pohdinta .....	35
LÄHTEET .....	36

## Kuvio-ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Seinärakenne leikkaus 1.....	30
Kuvio 2. Seinärakenneleikkaus 2.....	31
Kuvio 3. Julkisivu1. ....	32
Kuvio 4. Julkisivu 2. ....	32
Kuvio 5. Julkisivu 3. ....	33
Kuvio 6. Julkisivu 4. ....	33
Kuvio 7. Sisäkuva 1. ....	34
Kuvio 8. Sisäkuva 2. ....	34
Taulukko 1. RH. (Nikulainen [viitattu 8.3.2018].).....	19
Taulukko 2. Villojen koetulokset.....	27

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Hygroσκοoppinen</b>	Aine, joka pystyy imemään ilmasta kosteutta
<b>Orgaaninen</b>	Luonnosta peräisin olevaa luonnollista aine
<b>Boori</b>	Alkuaine, jota esiintyy luonnossa vain yhdisteinä boorak-sina
<b>Polyeteeni</b>	Käytetyin polymeerinen raaka-aine muovissa ympäri maa-ilman
<b>CFC-yhdisteet</b>	(Chlorine-fluorine-carbon) Kemiallinen yhdiste, joka muo-dostuu kloorista, fluorista ja hiilestä. Inerttejä aineita, jotka eivät reagoi helposti kemikaalien kanssa eli turvallisia ihmi-selle
<b>HCFC-yhdisteet</b>	Muuten samanlainen yhdiste kuin CFC, mutta siihen on li-sätty vielä H eli vety

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan eristetyn, lämmittämättömän mökin rakentamista rakennusfysikaalisesti järkevällä tavalla. Sen tulisi toimia ympäri vuoden vähäisellä huollolla ja tutkimuksessani keskitynkin eristeisiin ja rakenteiden toimivuuteen.

Aiheeseen päädyin omasta tarpeestani rakentaa suurimman osan vuotta huoltova-paana toimiva mökkiratkaisu. Tämän työn tavoitteena on selvittää eristelaatujen erot, niiden käyttökohteet ja höyrynsulkuvalinnat. Lämmittämättömässä raken-teessa on myös paljon muitakin huomioon otettavia asioita ja myös niihin pyritään antamaan vastauksia. Työ sisältää tutkimuksen villojen kosteuskäyttäytymisestä.



## 2 RAKENNUSDIREKTIIVI

### 2.1 E-luku

Vuoden 2012 energiamääräysten RakMK D3 kokonaisenergiatarkastelu muutti rakentamisen energiatehokkuuden suunnittelua. Uudisrakentamisen energiamääräykset tulivat voimaan 1.7.2012. Kokonaisenergiakulutus esitetään E-luvulla, joka lasketaan rakennukseen ostettavien energiamuotojen kertoimien tulona ja ilmaistaan kWh/m<sup>2</sup>/vuosi -yksiköllä. Rakennusten kokonaisenergiankulutus koostuu lämmitysenergian eli veden lämmittämiseen tarvittavasta energiasta ja sähkönkulutuksesta (kotitaloussähkö ja valaistus). Rakennuksessa käytettävien rakennusmateriaalien tuotantoon kulunutta energiaa ei huomioida. E-lukuvaatimus ei koske alle 50m<sup>2</sup> lomarakennuksia. Suurempien rakennusten vaatimukset:

• Pientalo	150-200 kWh/m <sup>2</sup>
• Asuinkerrostalo	130 kWh/m <sup>2</sup>
• Rivitalo	150 kWh/m <sup>2</sup>
• Liikerakennus	240 kWh/m <sup>2</sup>
• Toimistorakennus	170 kWh/m <sup>2</sup>
• Opetus -ja päiväkotirakennus	170 kWh/m <sup>2</sup>
• Majoitusliikerakennus	240 kWh/m <sup>2</sup>
• Liikuntahalli (ei uima- ja jäähalli)	170 kWh/m <sup>2</sup>
• Sairaala	450 kWh/m <sup>2</sup> (RT-21522.)

Arkkitehti-, lvi-, sähkö- ja rakennesuunnittelun ratkaisut vaikuttavat lopputulokseen, eli kokonaisenergian kulutuksen määrään, kuten myös käyttöveden lämmittäminen kiinteistökohtaisella energiantuotantojärjestelmällä (esim. vesikiertoinen aurinkoenergia). (RT 21522. 2011.) Riittävään E-lukuun on siis mahdollista päästä useilla eri tavoilla.

## **2.2 Seuraamusluokat**

Rakennukset jaotellaan seuraamusluokkiin. Seuraamusluokat jaetaan mahdollisesta viasta tai vauriosta aiheutuvien seurausten perusteella seuraamusluokkiin CC1, CC2 ja CC3. (RT RakMK-21713).

Luokkaan CC3 kuuluvat rakenteet ja rakennukset, joilla voi olla vakavia seuraamuksia ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten sosiaalisten, taloudellisten tai ympäristövahinkojen takia. (RT RakMK-21713).

Luokkaan CC2 kuuluu rakenteet ja rakennukset, joilla voi olla keskisuuria seuraamuksia ihmishenkien menetysten tai merkittävien sosiaalisten, taloudellisten tai ympäristövahinkojen takia. (RT RakMK-21713).

Luokkaan CC1 kuuluvat rakennukset ja rakenteet, joilla voi olla vähäisiä seuraamuksia ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkityksettömien sosiaalisten, taloudellisten tai ympäristövahinkojen takia. Kun seuraamusluokka on valittu, voidaan valita toteutusluokka. (RT RakMK-21713).

## **2.3 Toteutusluokat**

### **2.3.1 Teräs- ja betonirakenteet**

Teräs- ja betonirakenteilla ja puurakenteilla on erilaiset toteutusluokat. Teräs- ja betonirakenteiden toteutusluokat valitaan SFS-EN 1990 Standardin mukaan; CC1, CC2 tai CC3. (RT RakMK-21746).

CC2 kuuluu vähintään toteutusluokkaan 2 ja vastaavasti CC3 kuuluu toteutusluokkaan kolme. (RT RakMK-21746).

3. luokkaan kuuluu kaikki korkealujuusbetonista valmistetut rakenteet. Korkealujuusbetonina pidetään betonia, joka on vahvempaa kuin C50/60. Rakenneosat ja

rakenteet, joiden toteutus katsotaan erityisen vaativaksi tai valmistaminen niiden rakenteellisen toiminnan varmistamiseksi vaatii erityistä huolellisuutta, kuuluvat tähän luokkaan. Erityisen vaativiksi katsotaan esimerkiksi rakenneosat ja paikalla jännitetyt betonirakenteet, jotka ovat jatkuvan sortuman kannalta kriittisiä. Tässä luokassa voidaan pienentää osavarmuuskertoimia, jos käytettäväksi luokaksi on määritetty luokka kaksi. (RT RakMK-21746.)

Kun rakenteen suunnittelussa on käytetty toleranssiluokkaa 2 ja sen mahdollistamia pienennettyjä osavarmuuskertoimia, rakenne kuuluu toteutusluokkaan 3. Toleranssiluokkaa 2 saa käyttää toteutusluokassa 3 eli se on vapaaehtoista. (RT RakMK-21746.)

Toteutusluokan 1 betonirakenteiden suunnittelussa on mahdollista käyttää maksimissaan C20/30 lujuusluokan betonia. (RT RakMK-21746.)

### **2.3.2 Puurakenteet**

Puurakenteille asetetut vaatimukset jaetaan rakenteiden vaativuuden mukaan kolmeen toteutusluokkaan. Luokka valitaan standardin SFS-en 1990 ja seuraamuluokkien (CC3, CC2 ja CC1) sekä rakenteen toteutukseen ja käyttöön liittyvien riskitekijöiden perusteella. CC3 rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan tl3. Seuraamuluokan CC2 rakenteet kuuluvat vähintään toteutusluokkaan tl2. Yli 14m korkeiden rakennusten ja yli 3 kerroksisten rakennusten seuraamuluokan CC2 puurakenteet kuuluvat toteutusluokkaan tl3. Seuraamuluokan CC2 rakenteet, joiden toteutukseen tai käyttämiseen liittyy erityisiä riskitekijöitä, kuuluvat toteutusluokkaan tl3. (RakMK-21748.)

### **2.4 U-arvo**

U-arvo on lämmönläpäisykerroin, jolla mitataan lämmöneristeen eristyskykyä. Lämmönläpäisykerroin on Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa C3 määritetty U-arvo, sen yksikkö on  $W/Km^2$ . Eristeissä lämmönjohtuminen on usein lähes

lineaarinen, joten eristekerroksen kaksinkertaistaminen kaksinkertaistaa lämmöneristyskyvyn. Eli mitä pienempi u-arvo, sen parempi eristys. (Vicover [viitattu 26.3.2018].)

## 3 ERISTEET

### 3.1 Orgaaniset

Orgaanisia eristeitä on käytetty Suomessa ennen vanhaan ja vielä nykyäänkin. Entisaikaisia eristeitä olivat turve, sammal, olki, sanomalehtipaperi, korkki, sahanpuru ja välipohjassa jopa savi ja hiekka. Nykyään suosittuja orgaanisia eristeitä ovat puukuituvillat, esimerkiksi Ekovilla.

#### 3.1.1 Puukuituvilla eli selluvilla

Puukuituvillan tuotanto alkoi 1919 USA:ssa. Euroopassa sitä alettiin valmistaa 1975 Skotlannissa ja kolme vuotta siitä aloitti Suomessa ensimmäinen selluvillatehdas Siilinjärvellä. Puukuituvilla tuli markkinoille ja aloitti kiivaan kilpailun mineraalivillan, joka oli siihen asti ollut yksinvalti, kanssa. (Kaila 1997, 504.)

Valmistuslinja saapui suoraan Yhdysvalloista; kuidutus perustui vasaramyllytekniikkaan. Nykyään käytetään amerikkalaista AFT-menetelmää (Termex) tai suomalaista märkäselluhiertoa (Ekovilla). (Kaila 1997, 504.)

Aluksi selluvillaa käytettiin puhallettavana lokeroseinien ja yläpohjien eristeenä. 1980-luvulla Termex-Eriste Oy toi seinäruiskutekniikan USA:sta, missä se oli patentoitu jo 1923. Ruiskurapattu puukuituvilla muodostaa liimautuvan eristekerroksen avoimille pystypinnoille tai vaikkapa akustiikka- ja kondenssisuojakerroksen sisäkattoon. Kosteana puhalletun villan paremmuus ilmenee siinä, että se jää huokoisemmaksi kuin kuivana sullottu. Villan ja veden painosuhte markäpuhalluksessa on suunnilleen 1:1, joten jos seinä suljetaan aikaisin puhalluksen jälkeen, rakenteen lopullinen kuivuminen saattaa kestää jopa koko lämmityskauden. (Kaila 1997, 504–505.)

Puukuituvillan Raaka-aineena toimii sanomalehtipaperi. Aikakaussilehtiä ei enää käytetä raaka-aineena, koska ne sisältävät savea, joka aiheuttaa valmistus- ja asennusvaiheessa runsaasti pölyä. Nykyaikaisen puukuituvillan palonestoaineena käy-

tetään boorimineraaleja. Kuiduttamisen yhteydessä lisätään tavallisesti 7% boorak-  
sia ja 12% boorihappoa. Puukuituvillaa ei kuitenkaan luokitella palamattomaksi,  
vaikka se kestää tulipalon vaikutuksia palamattomia mineraalivilloja paremmin. Puu-  
kuituvilla pystyy hidastamaan lämpötilan nousua sen kuitujen sitomien ja boorien  
sisältämien kosteuksien ansiosta. Sen hiiltymisen ansiosta eriste pystyy estämään  
pitkään palon leviämistä rakenteissa. Boorilla on myös toinenkin tärkeä tehtävä; se  
torjuu tehokkaasti lahosieniä, hyönteisiä ja homeita. Booriyhdisteet ovat turvallisia  
päästöjen osalta, koska se on luonnossa esiintyvä alkuaine ja elämälle välttämätön.  
Booria ei ole määritelty myrkyksi ja sitä käytetään jopa kosmetiikassa. Kemiallinen  
vaikutus on hyvin samanlainen kuin ruokasuolan eli suuria annoksia on syytä vält-  
tää. (Kaila 1997, 506.)

Muiden puutuotteiden tavoin puukuituvilla on hengittävä ja kosteutta sitova. Tämän  
vuoksi se sopii mainiosti rakennuksiin, joissa ei ole käytetty muovista höyrynsulkua.  
Puukuituvillassa on vettä ilmassa sekä kuitujen sisällä nesteinä. Vesi ei näin ollen  
tiivisty pintaan, eikä siksi muodosta kylmäsiltaa. Tyypinhyväksynnän mukaan kos-  
teus saa olla 12 % eli mineraalivillan verrattuna 25-kertainen. Suurempikaan kos-  
teus ei ole vielä ongelma aina 20 % asti. Tämän jälkeen eristeisiin liittyvien puura-  
kenteiden märkyys on itsessään liian suuri. Selluvillan eduiksi luetaan myös, että se  
on käytännössä päästötön. Se on kierrätettyä materiaalia, joten siitä haihtuu vähem-  
män puuperäisiä yhdisteitä kuin sanomalehdestä tai tuoreesta puusta. Selluvillan  
hävittäminen on helppoa, koska sen voi pieninä määrinä levittää pellolle. (Kaila  
1997, 507-508.)

### **3.1.2 Sahanpuru**

Sahanpurua on käytetty eristeenä niin kauan kuin sahateollisuutta on ollut. Puru-  
täyte kuitenkin yleistyi vasta lautatalojen myötä. Sen valta-aika pientaloissa oli 1930-  
ja 1940-luvulla. Purutäytteen lämpimyyden paranee sullomisen myötä, lisäksi tiukka  
sullonta vähentää rakennuksen tärähtelyn aiheuttamaa painumista. Täytteen laske-  
mista on pyritty vähentämään lisäämällä höyläkoneen suurempia lastuja. Sahanpu-  
ruun on sekoitettu jopa lasinsiruja, katajan neulasia ja kalkkia hiirien estämiseksi.  
Purutäytteen käyttäminen väheni mineraalivillan tulon myötä. Hinnan edullisuuden

vuoksi purua on käytetty pääasiassa ylä- ja alapohja rakenteissa. (Kaila 1997, 509–510.)

Sahanpurun eristävyys on puolet huonompi kuin nykyaikaisten mineraali- ja puukuituvillojen, mutta sillä on ominaisuus, jota mineraalivillalla ei ole; faasimuutosenergia. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että rakenne pysyy eristeessä olevan kosteuden lämpenemisen ja kuivumisen myötä talvella lämpimänä ja kesällä viileänä. Puru on palava eriste ja vesivuodon sattuessa lahoava aine. Sahanpuru on kuitenkin vielä toimiva eristeaine ja jos eristystä ei ole riittävästi siihen voi lisätä purua tai selluvillaa. Selluvilla ja puru tulevat toimeen keskenään, koska ne ovat molemmat hengittäviä eristeitä. (Kaila 1997, 511–512.)

### 3.1.3 Sammal ja turve

Yleisin yläpohjien ja lattioiden eriste aina 1900-luvulle asti oli maatayte. Eristeenä käytettiin kuivia hiekkapohjaisia neliöksi leikattuja heinäturpeita, suoturvetta ja irtosammalta. Täytteen alle ladottiin tuohia tuulitiivisteeksi ja sen tarkoitus oli myös estää eristeen variseminen. Pehmeän sammalen päälle laitettiin painotäytteeksi hiekkaa, mikä toimi ullakolla samalla palopermantona kipinöitä vastaan. Tällainen rakenne oli mm. Turun Akatemiatalossa täytepohjan päällä; ensin kerros tuohta, sitten 20cm turvetta, seuraavaksi rakennusjätettä, sen jälkeen hienoa hiekkaa ja päällimmäisenä kalkkia lattialautoja vasten rottien ehkäisemiseksi. Tämä rakenne on melko painava ja vaatii järeän palkiston ja painoa kertyikin  $250\text{kg/m}^2$ . Turvetta on käytetty kuivikkeena karjalle aina, sittemmin siitä tuli myös rakennusmateriaali. Vuonna 1920 Emil Svensson patentoi Silenda-kappaleet; pahvikoteloon survottua ja asfalttilevyllä kyllästettyä turvepehkuu. Silenda oli tarkoitettu betoni- ja tiilirakennuksien eristeeksi. Vuonna 1949 tuli markkinoille Wisu-levy, jonka 1950-luvulla syrjäytti mineraalivilla. Wisu-levy oli bitumilla kyllästetty turvelevy. (Kaila 1997, 519–521.)

### **3.1.4 Olki**

Olkea eri muodoissa on käytetty eristeenä, esim. 5-10 senttimetriä pitkää silppua seinärakenteisiin tiukkaan sullottuna ja ruokohaketta 3cm:n pätkissä. 1938 Vaasassa keksittiin ruokolevy, rautalangalla kudottu Bergerlevy. Hieman myöhemmin tulivat ruotsalaisen patentin mukaan valmistetut OL-HA-olkilevyt; pahvin väliin kuumapuristetut levyt. Näitä käytettiin omakotitaloihin ja niillä voitiin jäykistää runko ja samalla pystyttiin korvaamaan vinolaudoitus. Olkilevy sopi rapattavaksi sellaiseen. (Kaila 1997, 521–522.)

### **3.1.5 Pellava**

Pellavatilke eli pellavarive on vanha tuote. Samasta kasvikuidusta valmistetaan eristevillaa 50mm ja 100mm vahvuisena mattona. Pellavaeristeen asennus on turvallista ilman hengityssuojaimia. Pellavan kosteuskäyttäytyminen on samanlaista kuin muidenkin luonnonkuitujen, joten se sopii hengittävään rakenteeseen. Lisäksi siinä on lievä öljyisyys, joten se ei kastu kapilaarisesti. (Kaila 1997, 523.)

## **3.2 Polyuretaani- ja mineraalieristeet**

### **3.2.1 Mineraalivilla**

Masuunikuonan ohuiksi kuiduiksi vetämistä kokeiltiin Walesissa 1840. Vuonna 1869 toiminta käynnistettiin USA:ssa ja 1875 perustettiin ensimmäinen mineraalivillatehdas, joka hyödynsi jätekuonaa. Euroopan vanhin tehdas perustettiin Englantiin Manchesteriin vuonna 1885. Kalkkikiveä käyttänyt kivivillateollisuus sai alkunsa 1800-luvun loppupuolella USA:sta. 1930-luvulle saakka luonnonkivivilla oli hallitseva eriste, mutta sen jälkeen kuonavilla ja lasivilla nousivat edullisimpana edelle. Lasi-villaa suositeltiin putkistojen eristeeksi sekä ääneneristämiseen. Suomessa kivivil-lan valmistuksen aloitti 1940-luvun alussa Vuoksenniska Oy. Malminjalostuksessa syntynyt kuona sulatettiin ja se puhallettiin kuiduiksi. Tuotetta myytiin paperikerros-



ten väliin ommeltuina mattona ja säkkitavarana. Nykyisin kivimassa kuidutetaan linkopyörämenetelmällä, jossa kiviaines sinkoutuu nopeasti liikkuvien pyörien pinnalta ilmaan. Voidaan käyttää myös Downey-menetelmää, jossa pyörivän kulhon reunojen yli lentävät pisarat puhalletaan kuiduiksi. (Kaila 1997,500.)

Karhulan lasitehdas alkoi valmistaa lasivillaa Hager-menetelmällä vuonna 1941. Siinä jätelasin sirpaleista sulatettu massa lingottiin keskipakoisvoimalla ohuiksi pitkiksi kuiduiksi, jotka katkottiin vajaan metrin mittaisiksi. Vuonna 1958 siirryttiin Telmenetelmään, jossa linkoamista tehostettiin puhalluksella. Mineraalivilla ei sido kosteutta kuitujensa sisään, vaan vesi on eristeessä ilmassa olevana höyrynä tai kuitujen pintaan tiivistyneenä nesteinä. Tiivistynyt vesi alentaa eristekerroksen tehokkuutta muodostaen tavallaan kylmäsiltoja. (Kaila 1997,501–503.)

### **3.2.2 Polyuretaani ja polystyreeni**

Muovieriste on kevyt, pienten suljettujen ilmakuplien muodostama vaahtomuovi, joka on eristyskyvyltään erinomainen. Ensimmäisenä kauppoihin ilmestyi polystyreeni (EPS) eli styrox, joka on valkoinen kova vaahtomuovi. Toinen muovieriste, polyuretaani (PUR) on kalliimpi, mutta tehokkaampi eriste. Eristyskykyä on parannettu lisäämällä ilmakuplien sijasta suurimolekyylinen täytekaasu. Polyuretaani ei ole hengittävä materiaali, koska se muodostaa tiiviin höyrynsulun. Muovieristeiden heikko puoli on niiden palonkestämättömyys. PUR-muovi vapauttaa palaessaan erittäin myrkyllistä isosyaniittia ja syaanivetyä. Muovieristeet kestävät hyvin kosteutta, minkä vuoksi ne ovat hyviä maanvaraisia eristeitä. Niitä voidaan käyttää maanvaraisten alapohjien eristeinä ja routalevynä. (Kaila 1997, 537–538.)

## 4 KONVEKTIO JA DIFFUUSIO

Kaasumainen (höyry) näkymätön vesi ei ole sinänsä vaarallinen rakenteelle. Vähäisyytensä vuoksi se ei riitä synnyttämään mikrobikasvustoa eli lahoa tai hometta. Kun kaasumainen vesi pääsee tiivistymään yhteen paikkaan kylmän tai vedon vuoksi, siihen syntyy märkä kohta, joka saattaa aiheuttaa suuriakin vaurioita. Tämän vuoksi näkymättömään veteen on suhtauduttava vakavasti, koska vahinkopaikat ovat yleensä piilossa eristeen sisällä ja rakenteissa. (Rinne 2013, 58.)

Höyrytiivius ei tarkoita sitä, että materiaali olisi vesitiivis. On olemassa vesitiivistä betonia ja vedenpitäviä puuastioita ja kumpikaan näistä ei ole höyrytiivis mutta pysyy pitämään nestemäisen veden sisällään. Tästä voi olla kiusaa rakenteelle, koska jotkut maalit läpäisevät höyryä, mutta ei kosteudeksi tiivistynyttä vettä. (Kaila 1997, 482.)

Kun höyry kulkeutuu rakenteen läpi tiivistymättömänä, rakenne pysyy kuivana. Mutta jos rakenne on toiselta puolelta lämmin ja toiselta kylmä, kuten talvella, on jossain rakenteen sisällä kohta, jossa ilmassa oleva vesi pääsee tiivistymään kastepisteeksi. Tiivistynyt vesi muodostaa jäätyessään huurretta. Mitä kovempi pakkanen on, sitä lähempänä sisäpuolta materiaali voi kastua. Vesihöyryn liike ei aina välttämättä ole sisältä ulospäin. On olemassa tilanteita, joissa ulkopuolinen osapaine on suurempi. Näin käy rakennuksissa, jotka ovat jätetty talvella kylmilleen. Myös ulkoilman voimakkaat lämmönvaihtelut voivat synnyttää tämän tilanteen. Ilma lämpenee nopeammin kuin rakenne pystyy lämpenemään, jolloin lämmin kostea ilma pyrkii sisään rakenteeseen. (Kaila 1997, 483–484.)

### 4.1 Diffuusio

Kosteus liikkuu seinän läpi kahdella eri tavalla; konvektiolla ja diffuusiolla. Diffuusio on vesimolekyylien liikettä, jolla ne pyrkivät tasapainoon seinän molemmilla puolilla. Kesällä kosteuserot eivät ole suuria, jolloin diffuusio on hillittyä, mutta kun talvella ilma on kuivempaa, molekyylit pyrkivät voimakkaammin ulospäin. Molekyylien liike on jatkuvaa, mutta myös hidasta. Tämä ei aiheuta vaaraa rakenteille, koska vesi-

määrät ovat hyvin pieniä. Ongelmia syntyy pitkällä aikavälillä, jos ulommainen rakennekerros ei hengitä. Tästä on esimerkkinä lateksimaalilla maalattu puuverhoilu. Puu ottaa vastaan kosteutta, mutta ei pääse kuivumaan lateksimaalin tiiviiden vuoksi. Näin puuhun syntyy mikrobikasvusto ja se lahoaa. (Rinne 2013, 58–59.)

## 4.2 Konvektio

Konvektiolla tarkoitetaan vesihöyryn liikkumista ilman mukana sen tasatessa lämpötila eroja. Konvektio on vaarallisempaa kuin diffuusio, koska se pystyy siirtämään kosteutta useita grammoja kuutiossa ilmaa. Jos seinässä on pieni ilmavuoto, siitä kulkeutuu useita kuutioita ilmaa vuorokaudessa. Kuutioon ilmaa mahtuu vettä lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta riippuen (RH) alle grammasta useaan grammahan. Ilma pystyy kiertämään myös eristeen sisällä. (Rinne 2013, 58–59.)

Rh on luku, joka kertoo kuinka paljon ilma sisältää vettä suhteessa siihen miten paljon se voi sisältää vettä vallitsevassa lämpötilassa. Tämä suure muuttuu, jos ilma lämpenee tai kylmenee, vaikka ilman vesipitoisuus pysyisi samana. Rh-luku ilmoitetaan prosentteina ja kyllästyskosteus = 100%. Alla taulukko. (Nikulainen [viitattu 8.3.2018].)

Taulukko 1. RH. (Nikulainen [viitattu 8.3.2018].)

Suhteellinen kosteus	20 %	40 %	60 %	80 %	90 %	100 %
Lämpötila (°C)	<i>absoluuttinen kosteus g/m<sup>3</sup></i>					
40	10	20	31	41	46	51
30	6,1	12	18	24	27	30
20	3,5	6,9	10	14	16	17
10	1,9	3,8	5,6	7,5	8,5	9,4
0	1	1,9	2,9	3,9	4,4	4,9
-10	0,44	0,88	1,3	1,8	2,8	2,2
-20	0,18	0,35	0,53	0,7	0,79	0,88
-25	0,11	0,22	0,33	0,44	0,5	0,55
-30	0,07	0,13	0,2	0,26	0,3	0,33

## 5 HÖYRYNSULKU

Höyrynsulun ideana on rajoittaa konvektiota ja sitä kautta ilman mukana virtaavaa kosteutta. Ilmansulkuna ja höyrynsulkuna voidaan käyttää ilmansulkupaperia, muovikalvoa, vesieristystä (pesuhuone), foliopaperi (sauna) ja nykyaikaista älykästä höyrynsulkua.

### 5.1 Ilmansulkupaperi

Ilmansulkupaperin idea on estää ilman virtaus rakennekerroksien läpi. Nykyaikainen ilmansulku Ekovilla X Reno on tarkoitettu kesämökkeihin ja perinnerakentamiseen. Se soveltuu ainoastaan hygroksooppisten eristeiden ilmansuluksi. X Reno on diffuusioavoin ja sitä suositellaan käytettäväksi vain ohuiden eristerakenteiden ilman-tiivistykseen. Ilmansulkupaperi mahdollistaa hengittävän rakenteen, mitä kautta se pystyy kuivumaan rakenteessa molempiin suuntiin. (Ekovilla [viitattu 27.3.2018].)

Suurempi vahvuuksisten hygroksooppisten eristeiden rakenteissa Ekovilla suosittelee käytettäväksi X5 kangasvahvisteista ilmansulkupaperia. Sekin mahdollistaa hengittävän rakenteen ja täyttää ilmansulku tuotteille vaaditut vaatimukset, joka on 5:1. Lämpimällä sisäpuolella olevan rakennekerroksen vesihöyryvastuksen tulee olla vähintään viisinkertainen verrattuna kylmällä puolella olevan rakennekerroksen vesihöyryvastukseen. (Ekovilla [viitattu 26.3.2018].)

### 5.2 Höyrynsulkumuovi

Höyrynsulkumuovi on muovinen kalvo, johon vesihöyry pysähtyy. Höyrynsulkumuovina ei voi käyttää mitä tahansa rakennusmuovia, vaan määrätyn standardin täyttämää polyeteenimuovia. Vuonna 1981 Ruotsissa huomattiin, että tavallinen rakennusmuovi haurastuu rakenteeseen alle kymmenessä vuodessa. (Kaila 1997, 487–488.)

Muovikelmua alettiin käyttää höyrynsulkuna Pohjoismaissa 1950-luvun lopussa, mutta se yleistyi rakentamiseen kaksikymmentä vuotta myöhemmin. Ruotsissa rakennettiin vuosina 1968-1971 Farstan lähiöön 400 omakotitaloa. Höyrynsulkuksi oli käytetty pakkauskääreitä ja suojapeitteitä, olettaen, että höyrynsulkumuovi on samaa, koska niissä oli samaa näköä. 10 vuotta myöhemmin seinät aukaistiin lisäeristämisen vuoksi. Sieltä paljastui yllätys; muovi oli kauttaaltaan rypistynyt. Lämpöpatterien kohdissa muovi oli haurastunut, ruskistunut ja halkeillut. Kosteus oli päässyt sisältä läpi ja puurakenteissa oli lahottajan rihmastoa. Tältä virheeltä on haluttu sittemmin välttää ja tarkoitukseen kehitettiin nykyaikainen matalatiheysinen (lowdensity) polyeteenikalvo. Sen tulee olla vähintään 0,15mm paksua ja väriltään hieman sinertävä, ettei se sekaantuisi kelpaamattomaan muoviin. (Kaila 1997, 539-540.)

### **5.3 Älykäs höyrynsulku**

Älykkään höyrynsulun toiminta perustuu rakenteen kosteuden kuivumiseen sekä ulos että sisälle päin. Kosteusriskit pienenevät huomattavasti, koska rakenteet pääsevät kuivumaan kesäaikana. VARIO-höyrynsulku toimii erinomaisesti ISOVER-eristeiden kanssa puurakentamisessa ja erityisesti RKL-tuulensuojarakenteessa. Tätä höyrynsulkua voidaan käyttää sekä korjaus- että uudisrakentamisessa. VARIO Duplexhöyrynsulkua voi myös käyttää rakennuksissa, jotka ovat kylmillään osan aikaa vuodesta esim. kesäasunnot. Höyrynsulku tulee asentaa oikein päin ja sitä helpottamaan on tehty ruutukuvio saumattavalle pinnalle. Saumakohdat limitetään vähintään 10cm ja tiivistetään IsoverVario KB3 tai MultiTape SL-saumausteipillä. (Isover [viitattu 26.3.2018].)

## 6 HENGITTÄVÄ RAKENNE

Hengittävä rakenne tarkoittaa materiaalin kykyä sitoa itseensä nestemäistä vettä ja haihduttaa se pois. Vesi imeytyy tiilen, puun ja paperin huokosiin, mutta silti ne pystyvät pitämään erityisominaisuutensa eivätkä tunnu märiltä. Sahanpuru, jonka kosteus on 10% pystyy silti eristämään ja tuntuu kuivalta. (Rinne 2013, 53.)

Useat materiaalit päästävät lävitse kaasumaista vettä, mutta eivät ole hengittäviä. Hengittämättömässä, mutta kaasua läpäisevässä materiaalissa on reikiä, josta pienistä molekyylistä koostuva ilma ja vesihöyry pääsevät kulkemaan. Hengittävässä materiaalissa ei ole reikiä, mutta se imee nestettä itseensä. Tämän takia vesipisara jää vangiksi muovin taakse, mutta kuivaa tiiviin ja paksun paperin takaa. Nestemäisen veden läpäisykyky varmistaa, että rakennus säilyy kuivana. Kun ulkolaudoitus on maalattu vettä läpäisemättömällä maalilla, pienet vesipisarat jäävät maalin alle puuhun. Tästä seuraa, että puun kosteus nousee liian suureksi ja lahoaa. (Rinne 2013, 53)

Talon alla vesi pyrkii kellariin huokoisen betonin lävitse. Jos lattiassa on muovimaali tai muovimatto, se on hengittämätön eli nestemäistä vettä läpäisemätön. Tällöin vesi haihtuu erittäin hitaasti tai jää vangiksi. Maali alkaa irtoilla tai muovimaton alle saat-  
taa kasvaa homea. Vaikka rakenteissa olisi useita kerroksia, ne hengittävät, jos se on rakennettu oikein, eikä muovia ole käytetty. Hengittävä rakenne ei tarkoita sitä, että ilma puhaltaisi rakenteen läpi. Veto ei ole koskaan hyväksi rakenteelle. Se tuo rakenteista epäpuhdasta ilmaa, viilentää sisälämpötilaa ja aiheuttaa kylmyyden tunteen. (Rinne 2013, 54–55.)

Talon rakennusfysikaalinen haaste on selviytyä kostean ja lämpimän sisäilman siirtymisestä kylmää ulkoseinää kohti. Seinä kuuluisi rakentaa niin, että höyrynvastus on sisällä suurempi kuin ulkona. Rakennus- ja suunnitteluvirheillä runsas määrä kaasumaista vettä voi päästä rakenteisiin ja tiivistyä kastepisteeksi. Nykyaikaisissa rakennuksissa yritetään estää kaasumaisen veden kulkeutuminen ilman mukana seinän sisään muovikalvolla. Perinteinen puurakenteinen seinä toimii eri tavalla. Nestemäinen pisara ei jää märäksi läiskäksi, vaan sitoutuu puuperäiseen rakennusmateriaaliin eli runkotolppaan, paperiin ja sahanpuruun. Kun kosteuskuorma on väliaikainen ja kohtuullinen, vesi tasaantuu laajalle alueelle, mistä se haihtuu kaasuksi.

Tämä edellyttää sitä, että kaikki seinän rakennusmateriaalit ovat hengittäviä. Yksikin väärä materiaali valinta voi estää seinän kuivumisen. (Rinne 2013, 56.)



## 7 LABORATORIO TULOKSET

### 7.1 Villojen esittely

Kokeissa käytettiin neljää eri villaa, joista 2 oli hygroskooppisia hengittäviä ja 2 hengittämättömiä mineraalivilloja.

#### 7.1.1 KnaufEcoBatt

EcoBatt on kevyt joustava ja palamaton lasimineraalilevy, jolla on korkea repäisyjuus. Paloluokka A1, EN ISO 13501-1-standardinmukaisesti. Tämä lasivilla on yleiskäyttöinen ääni- ja lämpöeristyslevy ja sitä voidaan käyttää erilaisissa asennuksissa. Saatavat paksuudet ovat 50, 70, 100, 125, 150 ja 200 mm. Myös muita paksuuksia on mahdollista tilata erikseen. Pituudet ovat yleisesti 1200 ja 870 mm. EcoBatt-levyjen valmistuksessa ei käytetä, eikä se sisällä CFC:tä, HCFC:tä tai muutaakaan materiaalia, joka aiheuttaa otsonikatoa. Sen vuoksi se ei vaikuta ilmaston lämpenemiseen. (Knaufinsulation [viitattu 4.4.2018].)

KnaufInsulation ECOSE Technologiaa hyödyntävät mineraalivillatuotteet hyötyvät luonnollisesta formaldehydittömästä sidosaineesta. Se on valmistettu nopeasti uusiutuvista orgaanisista raaka-aineista ilman öljypohjaisia kemikaaleja. Teknologia on kehitelty KnaufInsulationinkivi- ja lasimineraalivillatuotteita varten. Se parantaa tuotteiden ympäristömeriittejä vaikuttamatta kuitenkaan tuotteenääneneristyskykyyn, lämmöneristyskykyyn tai palonkestävyyteen. Tuotteilla on luonnollinen väri, koska ne eivät sisällä keinotekoisia väriaineita. EcoBatt ei mätäne, houkuttele tuholaisia, eikä edistä homeen, sienien eikä bakteerien kasvua. Eriste on hajutonta, eikä ime kosteutta. (Knaufinsulation [viitattu 4.4.2018].)

### 7.1.2 Ekovillalevy

Ekovillalevy on hengittävä eristelevy. Tiivis kuiturakenne pitää ilman sisällään ja takaa hyvän lämmöneristävyyden. Eristeen jämäkkä rakenne pitää kulmat ryhdikkäinä, jolloin se täyttää eristeelle varatun tilan kulmia myöten. Ekovillalevy sopii sekä saneeraukseen että uudisrakentamiseen. Se on puukuitueriste, joka on valmistettu uusiutuvista luonnonvaroista. Ekovillaa on saatavilla paksuuksissa 45, 50, 75, 100, 125 ja 150 mm. Pituutta levyillä on 870 mm. Lämmönjohtavuus 0,039 W/(m K). (Ekovilla [viitattu 28.3.2018].)

Puukuidusta valmistettujen Ekovilla-eristeiden kyky luovuttaa ja varastoida kosteutta on lähes sama kuin puutavaralla. Eriste pystyy luovuttamaan ja sitomaan kosteutta vesivahinkotilanteessa moninkertaisesti painonsa verran. Kyky luovuttaa ja sitoa kosteutta johtuu raaka-aineena käytettävästä puukuidusta, joka on hygroskooppista. Paksutkin eristerakenteet voidaan tehdä turvallisesti, koska eriste tasaa kosteutta. Tämän vuoksi höyrynsulkuna ei tarvita muovikalvoa, vaan toimivan ja määräysten mukaisen ilmansulun (5:1) saa käyttämällä Ekovilla X5 -ilmansulkua. (Ekovilla [viitattu 29.3.2018].)

Ekovilla ei sula korkeissakaan lämpötiloissa, vaan hiiltyy massiivipuun tavoin. Tämä suojaa tehokkaasti eristeen sisällä olevia rakenteita. Ekovillan hiiltymisnopeus on 50-150 mm tunnissa. Massiivipuun hiiltymisnopeus on pinnaltaan 48 mm/h ja liima-puun 42 mm/h. Ekovillan kosteudenvarauskyky on palotilanteessa palon leviämistä ja syttymistä hidastava tekijä, tuotteeseen on myös lisätty valmistusprosessissa palonestoaineita. Ekovillan rakenteelliset palo-ominaisuudet ovat hyvät. Normaalilla omakoti- ja rivitaloissa (P3-luokka) käytettävällä rakenteella saavutetaan REI 60 -rakenne (standardin EN 13501-2:2007A1:2009 mukaan). Eristeen hiilisisältö on suurempi kuin sen valmistuksen tuottama hiilipäästö (standardi EN 16449:14), koska Ekovilla valmistetaan uusiutuvasta puukuidusta. (Ekovilla [viitattu 29.3.2018].)

### 7.1.3 HuntonNativo

HuntonNativo® puukuitueristeen lämmönvarastointikyky on 2 kertaa mineraalivillaa parempi. Sen ansiosta sisälämpötila pysyy vakaampana ulkolämpötilan vaihdellessa. Huntonin eristeillä on myös kyky hengittää eli siirtää ja pidättää kosteutta. Hunton pystyy varastoimaan kosteutta jopa 20 %, hengittämätön eriste pystyy varastoimaan kosteutta vain noin 2%. Tästä on etua paksuissa rakenteissa, joissa kondenssiveden muodostumisvaara on suurempi. Tällaisissa rakenneratkaisuissa puukuitueriste tarjoaa erinomaisen vaihtoehdon, sillä se pystyy siirtämään kosteutta seinän läpi. HuntonNativo® levyeriste on monipuolinen eriste, jota voidaan käyttää katoissa, lattioissa ja seinissä. Se soveltuu hyvin sekä korjaus- että uudisrakentamiseen. Tuotteen lämmönjohtavuus on 0,038 W/(m K) ja sitä on mahdollista ostaa 50, 70, 100, 120 ja 200 mm paksuisina levyinä. Paloluokka E (Hunton [viitattu 26.3.2018].)

### 7.1.4 ParoceXtra pehmeä kivivillaeriste

Kimmoisa yleiseriste, jolla on erinomaiset lämmön-, palonkesto- ja ääneneristysominaisuudet. Extra on monikäyttöinen yleiseriste ulkoseinien, rossipohjien ja yläpohjien lämmöneristämiseen. Se sopii mainiosti myös välipohjien ja väliseinien äänen- ja paloneristämiseen. Paroc-villassa on laaja mittavalikoima, leveyden saa valita 565, 610, 870, 260 ja 460 mm. Paksuuttakin useaa vaihtoehtoa 30, 45, 50, 66, 70, 100, 125, 175 ja 200 mm. Ilmoitettu lämmönjohtavuus 0,036 W/(m K). Tuote on palamaton ja luokassa A1. Ilmanläpäisevyyskerroin,  $\ell$  100 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/Pa\*s. (Paroc 2017.)

## 7.2 Suoritetut kokeet

22.1.2018 villat laitettiin kuivumaan uuniin 105 asteeseen 48 tunniksi. Näin saatiin villoille kuivapainot. Tämän jälkeen villat ripustettiin rautalangan avulla sääsama-kaappiin 24.1.2018. Ne asennettiin riippumaan, koska koneen pohjalle saattaisi tiivistyä nestettä ja kokeen tarkoituksena ei ollut havaita nestemäisen veden vaikutusta. Villat otettiin kaapista 2.2.2018. Suhteellinen kosteus oli koko ajan yli 80%. Hunton ja Ekovilla olivat ainoita, jotka kostuivat, joten ne jäivät kahdeksaksi vuorokaudeksi huoneilmaan kuivumaan. Kyseisen huoneilman lämpötila ja kosteus mitaushetkellä olivat 21,6 °C ja RH 12,1%. Kun 8 vuorokautta oli kulunut, villat punnittiin, jolloin kosteus ja lämpötila olivat 21,8° C ja RH 18,6 %.

## 7.3 Tulokset

Taulukko 2. Villojen koetulokset.

	Knauf Ecobatt		Ekovilla		Hunton		Paroc	
Materiaali	Lasivilla	Yks.	Selluvilla	Yks.	Puukuitu	Yks.	Kivivilla	Yks.
Koko	0,0024	<b>m3</b>	0,0051	<b>m3</b>	0,001008	<b>m3</b>	0,006555	<b>m3</b>
Kuivapaino	0,042	<b>kg</b>	0,18	<b>kg</b>	0,052	<b>kg</b>	0,204	<b>kg</b>
9vrk RH yli 80%	0,042	<b>kg</b>	0,198	<b>kg</b>	0,058	<b>kg</b>	0,204	<b>kg</b>
% ero	0	<b>%</b>	8,3	<b>%</b>	9,38	<b>%</b>	0	<b>%</b>
Kuivapaino	17,5	<b>kg/m3</b>	35,294	<b>kg/m3</b>	51,613	<b>kg/m3</b>	31,121	<b>kg/m3</b>
Kosteapaino	-	<b>kg/m3</b>	38,502	<b>kg/m3</b>	56,953	<b>kg/m3</b>	-	<b>kg/m3</b>
Vesimäärä	-	<b>l/m3</b>	3,0285	<b>l/m3</b>	5,339	<b>l/m3</b>	-	<b>l/m3</b>
8 vrk kuivumassa	-	<b>kg</b>	0,19	<b>kg</b>	0,056	<b>kg</b>	-	<b>kg</b>

## 8 KOHDE, JOHON TULOKSIA TARVITTIIN

Tarkoituksena oli selvittää metsämökille toimiva rakenne. Parhaiten toimisi ilmeisesti hirsirakenne. Hirrestä ei kuitenkaan rakenneta, koska ammattitaitoisia hirrenloveajia ei ole käytettävissä ja kaikki rakennusvaiheet halutaan toteuttaa kustannustehokkaasti omalla työvoimalla. Tarkoituksena on rakentaa runko, kattotuolit ja alapohja valmiina runkona, joka voidaan myöhemmin siirtää metsään. Verhous ja muut työt tehdään loppuun paikan päällä. Tämä on mahdollista nykyaikaisten työkalujen ansiosta, koska ne ovat akku- ja kaasukäyttöisiä.

Mökistä tehdään hengittävä rakenteinen, koska mökki on talvella suurimman ajan kylmillään. Kun mökki on lämmittämätön, sille saattaa käydä etenkin keväällä niin, että rakennus on lämpötilaltaan kylmempi sisältä kuin ulkolämpötila. Tämän takia kosteus pyrkii ulkoa sisälle ja silloin tarvitaan kosteutta sitovaa pinta-alaa mahdollisimman paljon.

Mökin käyttötarkoitus on toimia välimajoituksena metsänraivauksen ja metsästämisajan aikana. Mökin seuraamusluokka on CC1 ja neliöitä alle 10 m<sup>2</sup>, joten rakennuslupaa ei useimmilla paikkakunnilla vaadita. Koska tässä mökissä on alle 50 m<sup>2</sup> ja se on tarkoitettu loma-asunnoksi, sitä ei koske energiamääräykset. Tästä syystä ei myöskään tarvita suuria eristysvahvuuksia. 100 mm villaa riittää todella hyvin, onhan se toimiva vieläkin rintamamiestaloissa.

### 8.1 Rakenne

Rakenne on kuvion 1 mukainen. **Puupaneelin** tehtävä on sitoa mökkiä lämmitettäessä syntyvä kosteus. Koska puulla on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta, paneeli tasaa sisällä olevaa ilmankosteutta. Paneelia saa maalata ainoastaan pellavaöljypohjaisilla tuotteilla. Jos maali on muovipintainen, se voi tehdä rakenteeseen höyrinsulun ja silloin hengittävä rakenne ei toimi. Paneelin voi myös jättää maalaimatta.

**Koolaus** tekee ilmaraon ilmansulkupaperin ja paneelin väliin. Siitä on apua, etenkin jos maalivalinta oli väärä. Lattian ja paneelin väliin kannattaa jättää hieman tilaa, että ilma pääsee kiertämään ja kuivattamaan rakennetta.

**Ilmansulkupaperin** tehtävä on estää ilmamassan liikkuminen, mutta se ei saa pi-  
dättää höyryn kulkeutumista. Se vähentää myös vetoa ja konvektiota.

**Runko 48\*98.** Rungon tehtävänä on siirtää katolta tulevat kuormat kivijalkaan. Tässä tapauksessa ei tarvita paksumpaa runkoa, koska katon rakenne on kevyt ja eristettä ei tarvita kuin 100mm.

**Eriste.** Seinärakenteessa käytetään eristeenä Ekovillaa tai sahanpurua. Rakenne on hengittävä. Valinta kohdistui hygroskooppisiin eristeisiin, koska mineraalivillat eivät pystyneet sitomaan kosteutta, eikä niitä voida siksi käyttää. Mineraalivilla on toimiva ratkaisu, jos rakenteessa on lämpö päällä koko talven. Mineraalivillan kanssa täytyy käyttää höyrynsulkukalvoa, koska höyry ei saa päästä rakenteeseen. Hygroskooppisella eristeellä on myös se hyvä puoli, että rakennusvaiheessa tullut kosteus pääsee haihtumaan. Jos mineraalivilla kastuu esimerkiksi sateen johdosta se ei kuiva.

**Tuulensuojalevy.** 25 mm runkoleijonan tarkoitus on toimia tuulensuojana ja estää sisään painuvaa ilmapirtausta. Runkoleijona toimii myös runkoa jäykistävänä materiaalina, jolloin vinolaudoitusta ei tarvita. Koska levy on paksua, sillä on pieni eristävyysslisä.

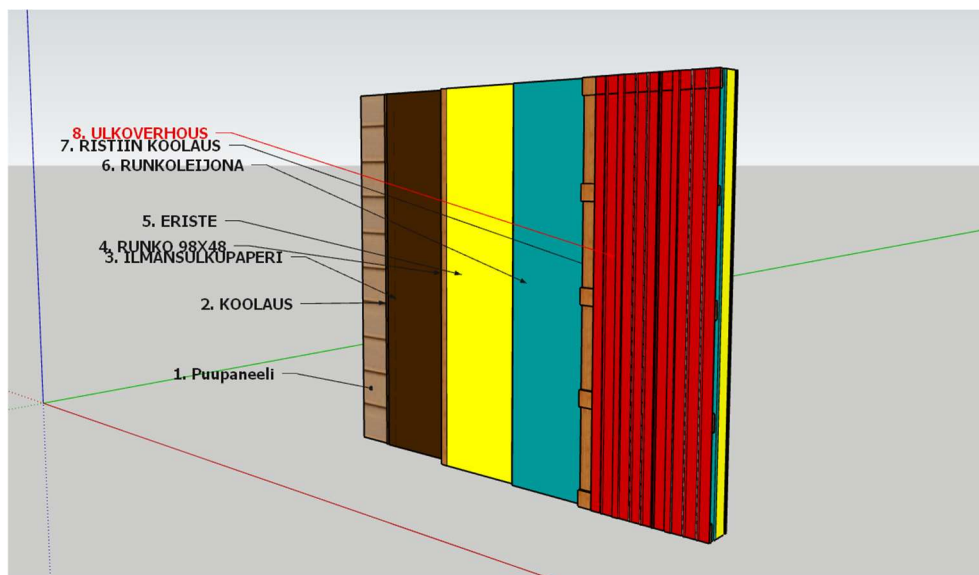
**Ristiinkoolaus.** Tämän tehtävänä on tehdä tuuletusrako. Tuuletusrako on välttämätön, jos pintamateriaali on peltiä tai puuta, joka on maalattu muovipohjaisella maalilla. Tuuletusrakoa ei tarvita, jos puuverhous maalataan esimerkiksi pellavaöljymaalilla. Rakenne pääsee hengittämään, kun kaikki materiaalit ovat höyryä läpäiseviä ja välissä ei ole muovikalvoja. Tuuletusraon pois jättämisessä olisi ideaa siinä mielessä, että tuholaiten olisi vaikeampi päästä rakenteisiin. Käytännössä hiirien kulkeutuminen yläpohjaan olisi hieman vaikeampaa.

**Ulkooverhouksen** tarkoitus on suojata rakennetta sääolosuhteilta, kuten vaaka-  
sateilta ja auringolta. Vaikka eristeet ja muut rakenteet ovat hygroskooppisia, eivät

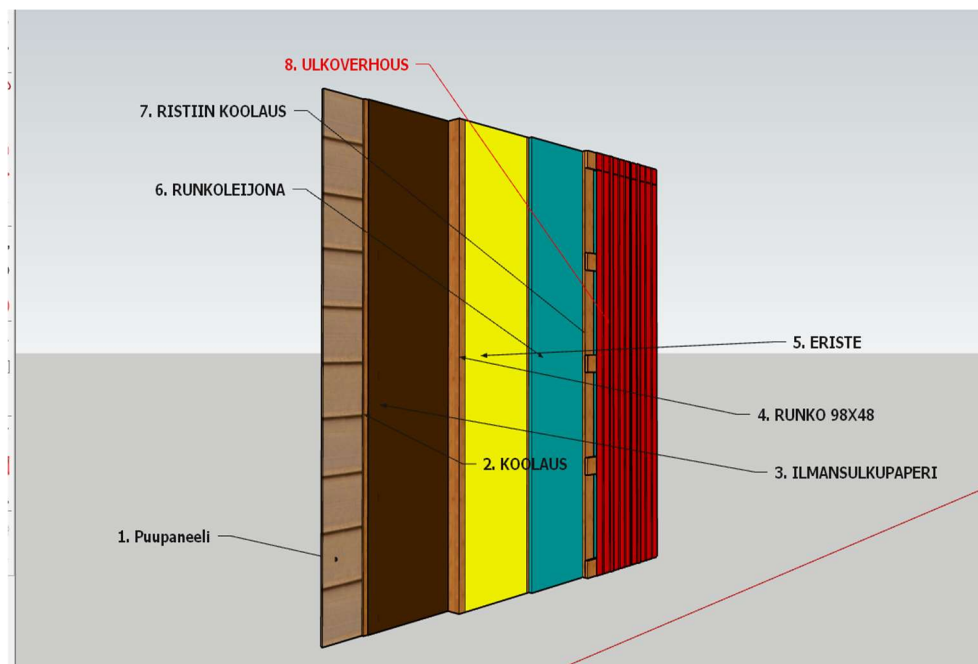
nekään kestä jatkuvaa altistumista nestemäiselle vedelle. Tähän mökkiin laitetaan ulkoverhoukseksi puupaneeli tuuletusraolla.

## 8.2 Ala- ja yläpohja

Ala- ja yläpohjarakenteissa on syytä käyttää myös hygroskooppisia materiaaleja hengittävyys takaamiseksi. Esimerkiksi lattiassa ei voida käyttää muovimattoa lattian pinnoitteena, se tekee rakenteeseen höyrynsulun. Lattian pintamateriaaliksi laitetaan lankku tai jokin muu höyryä läpäisevä puupinta. Samat periaatteet toistuvat yläpohjassa.



Kuvio 1. Seinärakenne leikkaus 1.  
Havainnekuva seinärakenteesta.



Kuvio 2. Seinärakenneleikkaus 2.

Havainnekuva seinärakenteesta toisesta suunnasta.



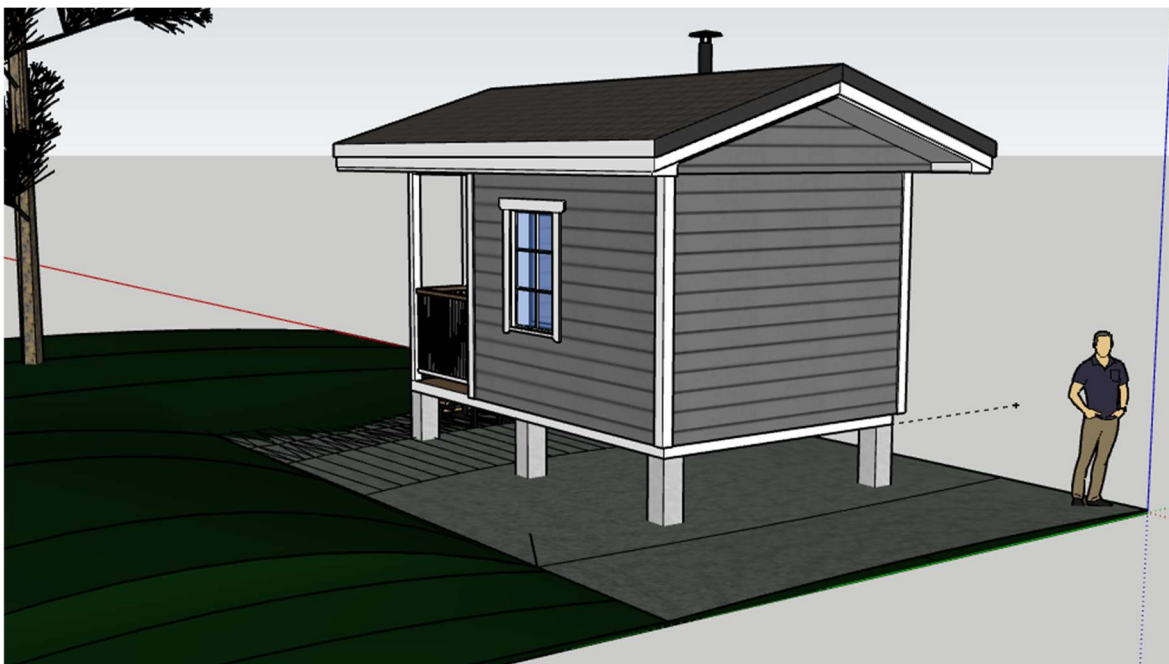
### 8.3 Kuvia mökistä



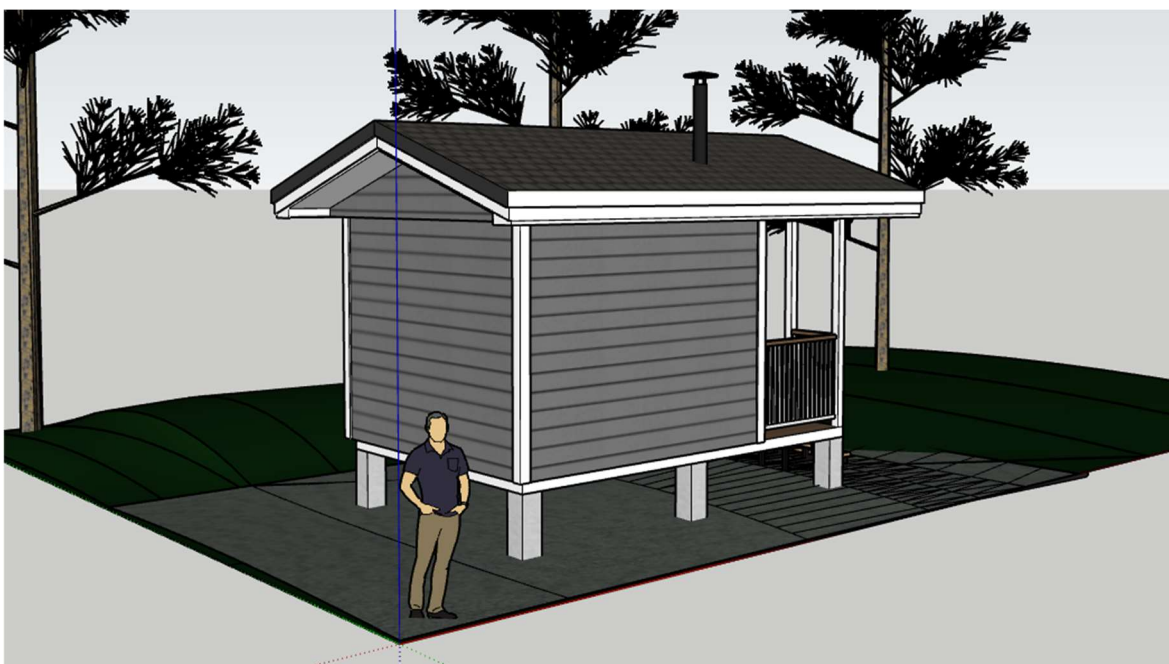
Kuvio 3. Julkisivu1.  
Kuviossa kolme on julkisivunäkymä Pohjoiseen.



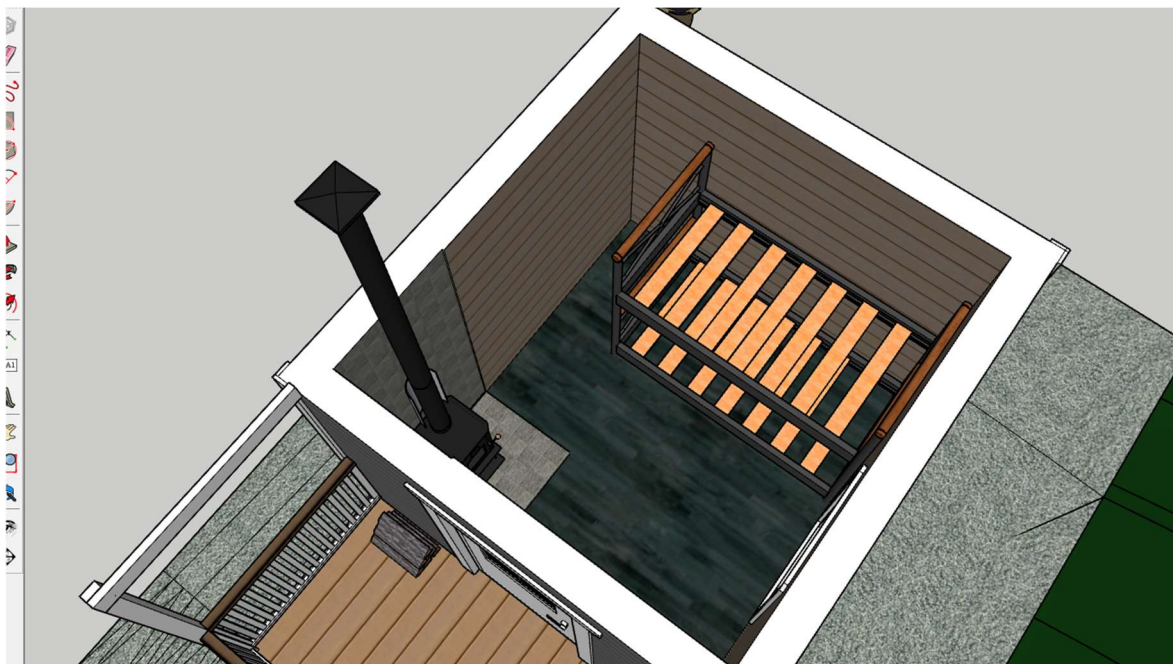
Kuvio 4. Julkisivu 2.  
Julkisivunäkymä Länteen.



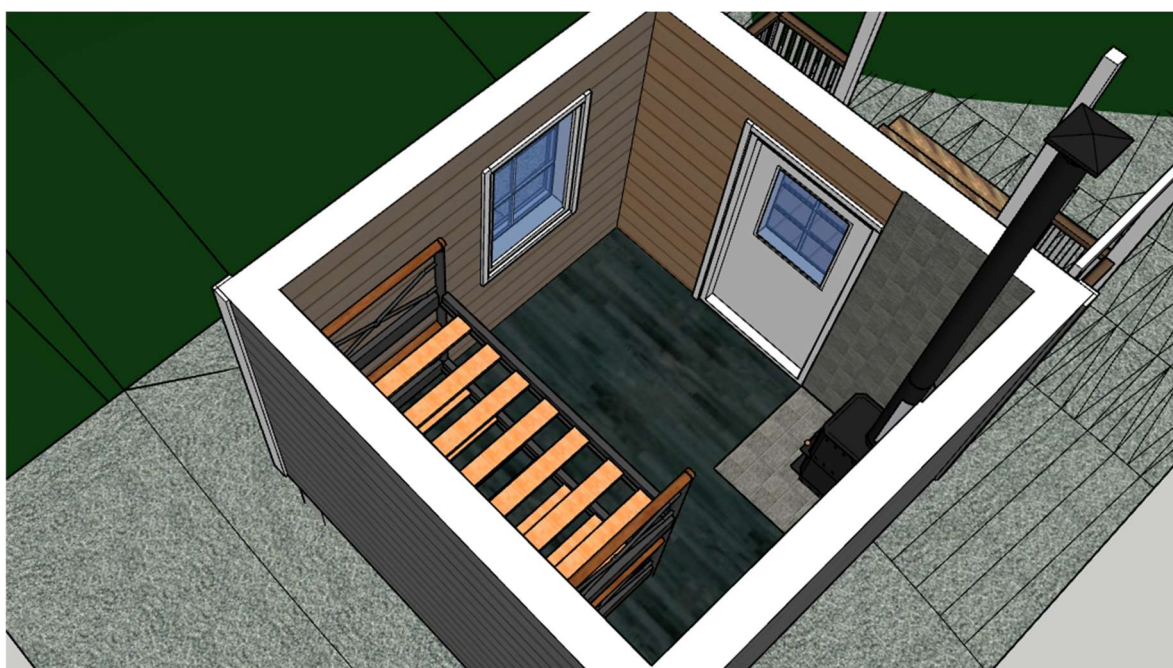
Kuvio 5. Julkisivu 3.  
Julkisivunäkymä Etelään.



Kuvio 6. Julkisivu 4.  
Julkisivunäkymä Itään.



Kuvio 7. Sisäkuva 1.  
Sisänäkymä Pohjoisesta.



Kuvio 8. Sisäkuva 2.  
Sisänäkymä Etelästä.

## 9 Pohdinta

Toivon, että tästä opinnäytetyöstä on hyötyä niille, jotka aikovat rakentaa mökin, jota ei talvella pidetä lämpimänä. Aiheesta riittää varmasti vielä tutkittavaa ja selvennetäviä asioita, mutta tähän on koottuna pääpiirteittäin tärkeimmät asiat, joita kannattaa ottaa huomioon.

Tehtäväni oli selvittää toimiva rakenne hirsirakenteen vaihtoehdoksi. Uskoakseni puurunkoisen mökin rakentaminen on vasta-alkajalle helpompi ja nopeampi tapa, kuin rakentaa hirsimökki. Materiaalien hankinta on helpompaa kaupasta kuin metsästä, eikä mökin rakentamista tarvitse aloittaa puita kaatamalla ja niitä kuivattamalla.

Aihe oli omasta mielestäni mielenkiintoinen ja oli mukavaa oppia uutta. Vastoin käymisiltäkään ei voitu välttyä; Laboratorion sääkaappi ei toiminutkaan niin kuin ajateltiin. Opinnäytetyöhön olisi ollut mielenkiintoista lisätä vielä tutkimus, jossa kylmään tai puolikylmään rakennukseen laitettaisi anturi, joka mittaa lämpötilat ja kosteudet vuoden ajanjaksolta. Rakennuksia tällaisessa tutkimuksessa olisi hyvä olla kaksi; toinen mineraalivillalla ja toinen hygroskooppisilla eristetty. Näin saataisi vertailukohta kosteuskäyttäytymisestä rungossa.



## LÄHTEET

- Ekovilla. Ei päiväystä. Ekovilla X RENO ilmansulku. [www-dokumentti]. Ekovilla. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <http://www.ekovilla.com/tuotteet/ekovilla-ilmatiiviystuotteet/ekovilla-xreno-ilmasulku/>
- Ekovilla. Ei päiväystä. Ekovilla X5 ilmansulku. [www-dokumentti]. Ekovilla. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: <http://www.ekovilla.com/tuotteet/ekovilla-ilmatiiviystuotteet/ekovilla-x5-ilmasulku/>
- Ekovilla. Ei päiväystä. Ekovilla yleisesite. [pdf-dokumentti]. Ekovilla. [Viitattu 28.3.2018]. Saatavissa: [http://www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/dokumentit/Ekovilla\\_yleisesite0217-web.pdf](http://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/dokumentit/Ekovilla_yleisesite0217-web.pdf)
- Ekovilla. Ei päiväystä. RT 38901. [pdf-dokumentti]. Ekovilla. [Viitattu 29.3.2018]. Saatavissa: [http://www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/dokumentit/RT-kortti\\_2107\\_38901.pdf](http://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/dokumentit/RT-kortti_2107_38901.pdf)
- Hunton. Ei päiväystä. HuntonNativo puukuitueristeet. [pdf-dokumentti]. Hunton. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: [https://hunton.fi/wp-content/uploads/sites/16/2018/03/hunton-nativo\\_kaupoille.pdf](https://hunton.fi/wp-content/uploads/sites/16/2018/03/hunton-nativo_kaupoille.pdf)
- Isover. Ei päiväystä. IsoverVario KM Duplex UV. [www-dokumentti]. Saint-Gobain Finland Osakeyhtiö. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: <https://www.isover.fi/tuotteet/isover-varior-km-duplex-uv>
- Kaila, P. 1997. Talotohtori: Rakentajan pikkujättiläinen. Helsinki: WSOY.
- Knaufinsulation. ei päiväystä. ecobatt-lasivillalevy. [www-dokumentti]. Knauf. [Viitattu 4.4.2018]. Saatavissa: <http://www.knaufinsulation.fi/tuotteet/rakennuseristeet/ecobatt-lasivillalevy>
- Paroc. 28.02.2017. PAROC eXtra. [pdf-dokumentti]. Paroc. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/ParocInternet/Layouts/PdfPrintPathInfoExtended/PdfGeneratorFolder/Storage/ProductPrint.aspx/paroc-extra.pdf?id={5CF4573C-D9E5-4DA3-ABA4-508A6C4A8495}&t=pdf>
- Pasi Nikulainen. Ei päiväystä. Ilmankosteus. [www-dokumentti]. [Viitattu 8.3.2018]. Saatavissa: <http://www.tekeville.fi/ilmankosteus>

Rinne, H. 2013. Perinnemestarin rintamamiestalo kunnostus ja ylläpito. Helsinki: WSOY

RT-21522. 2011. Rakennustieto. Rakentamismääräystenmuistilistaenergiämääräystenaiheuttamistamutoksistasuunnittelijoilleja rakennuttajille. Helsinki: Rakennustieto.

RT RakMK-21713. 2016. Rakennustieto. Ympäristöministeriön asetus rakenteiden suunnitteluperusteita koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardiaSFS-EN 1990. Helsinki: Rakennustieto.

RT RakMK-21746. 2017. Rakennustieto. Betonirakenteet. Helsinki: Rakennustieto.

RT RakMK-21748. 2018. Rakennustieto Puurakenteet. Helsinki: Rakennustieto.

Vicover. Ei päiväystä. Lämmönläpäisykerroin. [www-dokumentti]. Vicover Osakeyhtiö. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: <http://www.vicover.fi/eristamisen-huippu-teknologiaa-esimerkki-aarimmaisesta-eristyskyvystä>